

基于诊断技术的电动执行机构故障处理方法与应用

朱正林¹ 李欢欢²

中广核核电运营有限公司 广东 深圳 518000

摘要: 本文围绕电动执行机构展开全面研究。首先阐述其结构组成、工作原理与典型应用场景,接着分析常见故障类型及特征,包括机械、电气和系统关联故障。随后介绍常用诊断技术,如信号检测、数据分析与在线监测技术等。重点探讨基于诊断技术的故障处理方法,涵盖故障定位、针对性处理措施及流程优化。最后通过两个具体应用案例,详细展示机械和电气故障的处理过程,为电动执行机构的故障处理提供理论与实践指导。

关键词: 电动执行机构; 诊断技术; 故障处理; 应用案例

1 电动执行机构概述

1.1 结构组成与工作原理

电动执行机构是自动化控制系统中的关键设备,主要由电机、减速器、位置传感器、控制单元和机械传动部件等组成。电机作为动力源,将电能转化为机械能,为整个执行机构提供驱动力。减速器则用于降低电机的转速,同时增大输出扭矩,以满足不同工况下对执行机构输出力和速度的要求。位置传感器实时监测执行机构的位置信息,并将其反馈给控制单元,控制单元根据预设的目标位置与实际位置的偏差,通过调节电机的运转状态,实现对执行机构位置的精确控制。机械传动部件则将电机的旋转运动转换为直线运动或其他形式的运动,以驱动阀门、挡板等被控对象。其工作原理基于闭环控制系统。当控制系统发出控制信号时,控制单元接收到信号后,将其与位置传感器反馈的实际位置信号进行比较,计算出偏差值^[1]。根据偏差值的大小和方向,控制单元按照预设的控制算法,如PID控制算法,输出相应的控制指令,调节电机的转速和转向。电机通过减速器和机械传动部件带动被控对象运动,同时位置传感器不断反馈新的位置信息,形成一个闭环反馈控制回路,直至被控对象达到目标位置,实现精确的位置控制。

1.2 典型应用场景

电动执行机构广泛应用于多个工业领域。在电力行业中,它用于控制锅炉的给水阀门、蒸汽阀门等,确保锅炉的安全稳定运行,实现对电力生产过程的精确调节。在石油化工领域,电动执行机构可控制管道中的流量阀门、压力调节阀等,保证化工生产过程中的物料流量和压力稳定,提高产品质量和生产效率。在水处理行业中,它用于控制水处理设备的进水阀门、排水阀门等,实现对水处理过程的自动化控制,保障水资源的合理利用和水质安全。在冶金、造纸、制药等行业,电动

执行机构也发挥着重要作用,为各行业的自动化生产提供了可靠的动力和控制支持。

2 电动执行机构常见故障类型及特征

2.1 机械故障

机械故障是电动执行机构常见的故障类型之一,主要包括齿轮磨损、轴承损坏、传动部件卡涩等。齿轮磨损会导致传动精度下降,出现传动比不稳定、噪音增大等现象,严重时甚至会使齿轮断裂,影响执行机构的正常运行。轴承损坏会使电机运转不平稳,产生振动和异常噪音,同时增加电机的负载,导致电机过热甚至烧毁。传动部件卡涩可能是由于润滑不良、异物进入或部件变形等原因引起,会使执行机构动作迟缓、不灵活,无法准确到达目标位置。机械故障的特征通常表现为运动不平稳、有异常噪音、传动精度下降等,这些故障会直接影响执行机构的性能和可靠性。

2.2 电气故障

电气故障也是电动执行机构常见的问题。电机故障可能表现为电机绕组短路、断路、绝缘损坏等,会导致电机无法正常启动、运转无力或过热等现象。电源故障如电压不稳定、电源缺相等,会影响电机的正常供电,使执行机构无法正常工作。控制电路故障可能是由于元器件损坏、线路接触不良或控制程序错误等原因引起,会导致控制单元无法正常接收和发送控制信号,使执行机构出现误动作或无法动作的情况。电气故障的特征通常表现为电机不运转、运转异常、控制失灵等,这些故障会严重影响执行机构的自动化控制功能。

2.3 系统关联故障

系统关联故障是指电动执行机构与整个自动化控制系统之间相互作用产生的故障。例如,控制系统与执行机构之间的通信故障,可能导致控制信号无法准确传输,使执行机构不能按照控制要求动作。系统中的其他

设备故障，如传感器故障、调节器故障等，也可能间接影响电动执行机构的正常运行。系统关联故障的特征较为复杂，往往涉及到多个设备和环节，故障排查和处理难度较大，需要综合考虑整个系统的运行情况。

3 电动执行机构常用诊断技术

3.1 信号检测技术

信号检测技术堪称电动执行机构故障诊断领域的基石，为精准洞察设备健康状况发挥着不可替代的作用。在实际应用中，通过对电机电流、电压、位置传感器信号以及振动信号等一系列关键参数进行实时、不间断的检测，我们能够全方位获取执行机构的运行状态信息。以电机电流信号为例，它如同电机运行状态的“晴雨表”，能直观反映电机的负载情况^[2]。一旦电机出现堵转、过载等故障，电流便会如同脱缰的野马般异常增大，及时提醒我们设备可能存在问题。位置传感器信号则如同设备的“定位导航仪”，可实时监测执行机构的位置，通过细致分析位置信号的变化，就能精准判断执行机构是否动作正常、是否按预定轨迹运行。而振动信号则是机械部件运行状态的“代言人”，当机械部件出现磨损、松动等故障时，振动信号的特征会发生显著变化，为我们揪出潜在故障提供线索。利用各种高精度传感器和先进检测设备，对这些信号进行精确采集和预处理，能为后续的故障诊断提供坚实、准确的数据支撑。

3.2 数据分析与诊断方法

采集到的信号数据宛如一座蕴含丰富信息的宝藏，但只有经过深入细致的分析，才能挖掘出其中隐藏的故障信息。常用的数据分析方法丰富多样，时域分析便是其中基础且重要的一种。它主要聚焦于信号的时间历程，通过仔细观察信号的波形、幅值、均值等参数随时间的变化情况，来初步判断执行机构的运行状态是否正常。比如，若波形出现畸变、幅值异常增大或减小，都可能是故障的征兆。频域分析则是将时域信号巧妙地转换为频域信号，通过深入分析信号的频谱特征，精准找出故障信号的频率成分，进而确定故障的类型和位置。而时频分析方法，像小波分析等，能同时兼顾信号的时域和频域特征，对于非平稳信号的分析具有得天独厚的优势。随着人工智能技术的发展，还可利用神经网络、支持向量机等算法，对海量的故障数据进行训练和学习，构建出精准的故障诊断模型，实现对电动执行机构故障的智能诊断，大大提高诊断的效率和准确性。

3.3 在线监测与远程诊断技术

在线监测技术犹如一位不知疲倦的“守护者”，能够实时、全方位地监测电动执行机构的运行状态，及时

发现那些潜藏在设备中的故障隐患。通过在执行机构的关键部位安装在线监测设备，这些设备就像敏锐的“触角”，能够实时采集各种信号数据，并将其迅速传输到监控中心。在监控中心，专业的数据分析软件会对这些数据进行实时处理和深入分析，一旦发现任何异常情况，便会立即发出响亮的报警信号，如同拉响的警报，提醒维护人员及时采取处理措施，避免故障的进一步扩大。远程诊断技术则是在在线监测的基础上更进一步，它借助先进的网络通信技术，将现场的执行机构运行数据准确无误地传输到远程的诊断中心。在这里，专业的技术人员会对数据进行深入剖析和精准诊断，为现场维护人员提供准确的故障诊断结果和切实可行的处理建议。在线监测与远程诊断技术相结合，实现电动执行机构的远程实时监控和故障诊断，极大地提高故障处理的及时性和准确性，有效减少设备停机时间，降低维护成本。

4 基于诊断技术的故障处理方法

4.1 基于诊断结果的故障定位

依据信号检测与数据分析所获取的诊断结果，我们能够精准地确定电动执行机构故障的具体位置和类型。信号检测犹如为设备做“全面体检”，通过各种传感器收集电机电流、电压、振动等关键信息。而数据分析则是对这些“体检数据”进行深度剖析。此时，再结合振动信号分析，若发现电机轴承部位振动加剧，且振动频率出现异常成分，那么就可以初步判断为电机轴承损坏故障^[3]。同样，对位置传感器信号进行分析也至关重要，若信号出现中断或波动异常，这很可能是位置传感器自身出现故障，导致无法准确反馈执行机构的位置信息。故障定位是整个故障处理流程中的关键步骤，它就像为后续的维修工作指明了方向。只有准确无误地找到故障位置，才能制定出具有针对性的处理措施，避免盲目维修，从而提高故障处理的效率，减少设备停机时间，保障生产的顺利进行。

4.2 针对性故障处理措施

针对不同类型的故障，必须采取与之相应的处理措施，才能达到事半功倍的效果。对于机械故障，如齿轮磨损，若磨损程度较轻，可采用修复工艺，如打磨、堆焊等，恢复齿轮的精度和强度；若磨损严重，则需及时更换新齿轮，确保传动的平稳性和准确性。对于轴承损坏，要立即更换新轴承，并严格按照安装规范进行操作，保证安装正确无误。同时要仔细检查润滑系统是否正常，因为良好的润滑是轴承正常运转的关键。对于电气故障，若电机绕组出现短路，需根据短路情况进行修

复或更换绕组,确保电机的电气性能恢复正常。对于电源故障,要全面检查电源线路和供电设备,排查是否存在线路老化、接触不良等问题,确保电压稳定和电源正常供应。对于系统关联故障,由于涉及多个设备和环节,需要协调整个自动化控制系统进行排查和处理。要检查通信线路是否正常,确保控制信号能够准确传输;在处理故障时,务必严格按照操作规程进行,确保处理过程安全可靠,防止发生二次事故。

4.3 故障处理流程优化

为提升故障处理的效率和质量,对故障处理流程进行优化势在必行。首先,要建立完善的故障报修机制,确保故障信息能够及时、准确地传递到维护人员手中。可以通过设立专门的报修热线、在线报修平台等方式,方便操作人员及时反馈故障情况。在故障处理过程中,采用标准化的处理流程和操作规范至关重要。这就像为维修人员提供了一份详细的“维修指南”,能够减少处理过程中的随意性和不确定性,提高维修的准确性和效率。建立故障处理档案也是必不可少的环节。对每次故障的处理过程和结果进行详细记录,包括故障现象、诊断方法、处理措施、更换的零部件等信息,为后续的故障分析和预防提供宝贵的参考依据。定期对维护人员进行培训和考核也是优化故障处理流程的重要一环。通过考核,激励他们不断学习和进步,确保他们具备处理各种故障的能力,从而为电动执行机构的稳定运行提供有力保障。

5 基于诊断技术的电动执行机构故障处理应用案例

5.1 应用案例一:核电站机械故障处理

在某核电站中,蒸汽发生器的给水阀门电动执行机构出现动作迟缓、响应不灵敏的现象。为解决这一问题,维护人员首先对执行机构进行了全面的信号检测。通过振动信号分析,他们发现减速器部位的振动异常增大,且伴随有不规则的频率成分。同时,电机电流信号也显示出在执行机构动作时存在较大的波动。结合这些诊断结果,初步判断减速器内部可能存在齿轮磨损或卡涩问题。随后,维护人员对减速器进行了拆解检查,果然发现减速器内部齿轮存在明显的磨损痕迹,并且有一处因异物卡涩导致的传动不畅。针对这一问题,清除卡

涩的异物,对磨损的齿轮进行修复,并更换了磨损严重的部分齿轮。重新组装减速器后,对执行机构进行了调试和运行测试,振动信号和电机电流信号均恢复正常,执行机构动作灵活、响应迅速,故障得以圆满解决^[4]。

5.2 应用案例二:核电站电气故障处理

在同一核电站的另一处,反应堆冷却系统的流量调节阀电动执行机构突然无法启动。接到报警后,维护人员迅速赶到现场进行排查。首先,他们检查了电源供应情况,确认电源电压稳定且正常。利用信号检测技术对电机绕组的绝缘电阻进行了检测,结果发现其中一相绕组的绝缘电阻值严重偏低,几乎接近于零。这初步表明该相绕组可能存在绝缘损坏导致的短路问题。为了进一步验证这一判断,维护人员对电机绕组进行了拆解检查。果然,在拆解过程中他们发现该相绕组的一处绝缘层已经破损,导致绕组与电机外壳之间发生了短路。针对这一问题,他们首先对破损的绝缘层进行修复处理,并重新进行绝缘测试,确保绝缘电阻值符合要求。经过通电调试和流量调节阀的运行测试,电机能够正常启动和运转,流量调节阀也恢复了正常的控制功能。

结束语

综上所述,电动执行机构作为核电站等工业自动化领域的关键设备,其故障处理对于确保生产安全和稳定运行具有重要意义。本文通过深入剖析电动执行机构的结构、故障类型及诊断技术,并结合核电站的实际应用案例,提出了基于诊断结果的精准故障定位、针对性处理措施及流程优化方法。未来,随着技术的不断发展,诊断技术将更加智能和高效,为电动执行机构的稳定运行提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1]方运涛,刘柯楠.现场总线电动执行机构在高强电磁场环境的研究和应用[J].中国仪器仪表,2024,(05):55-59.
- [2]叶宁,张晨.基于FF总线型电动执行机构应用分析[J].工业控制计算机,2024,37(05):37-38.
- [3]张洁,金兆辉.浅谈电动执行机构[J].电气防爆,2023,(04):43-46.
- [4]蔺维江,林秋祥.电动执行机构专业化功能的演化[J].石油化工自动化,2021,57(S1):182-185.